

# Modalselva i Hordaland; vannkjemisk overvåking i 2012 og 2013



# RAPPORT

## Hovedkontor

Gaustadalléen 21  
0349 Oslo  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 22 18 52 00  
Internett: [www.niva.no](http://www.niva.no)

## NIVA Region Sør

Jon Lilletuns vei 3  
4879 Grimstad  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 37 04 45 13

## NIVA Region Innlandet

Sandvikaveien 59  
2312 Ottestad  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 62 57 66 53

## NIVA Region Vest

Thormøhlensgate 53 D  
5006 Bergen  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 55 31 22 14

## NIVA Region Midt-Norge

Høgskoleringen 9  
7034 Trondheim  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 73 54 63 87

Tittel Modalselva i Hordaland; vannkjemisk overvåking i 2012 og 2013	Løpenr. (for bestilling) 6555-2013	Dato Juni 2013
	Prosjektnr. Undernr. O-26061	Sider Pris 19
Forfatter(e) Øyvind A. Garmo og Liv Bente Skancke	Fagområde Sur nedbør	Distribusjon Fri
	Geografisk område Hordaland	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Fylkesmannen i Hordaland, Miljøvernnavdelingen	Oppdragsreferanse
--	-------------------

## Sammendrag

Formålet med dette prosjektet er å følge den vannkjemiske utviklingen i Modalselva, samt å støtte opp om tolkning og forståelse av de biologiske endringene som skjer i vassdraget. Modalselva har, i likhet med mange andre elver på Vestlandet, svært lite ioner og forsuringsfølsom vannkvalitet. Vannkvaliteten i Modalselva har blitt vesentlig bedre som følge av redusert tilførsel av langtransportert forurensning. Sjøsaltepisoden som inntraff mot slutten av 2011, preget vannkvaliteten i første halvdel av 2012. Minimumsverdi for pH (5,36) og syrenøytraliserende kapasitet (ANC) er de laveste siden 2002. ANC, pH og LAI-konsentrasjon oppfylte i 2012 ikke de grensene for god tilstand som er foreslått i veilederen til vannforskriften. Etter at prøvetakingssted ble flyttet lenger opp i elva våren 2002, viser flere av parametrene, inkludert nitrat, basekationer og organisk karbon, mindre svingninger enn tidligere.

Fire norske emneord	Fire engelske emneord
1. Overvåking	1. Monitoring
2. Forsuring	2. Water Chemistry
3. Vannkjemi	3. Acidification
4. Tidstrender	4. Trends



Øyvind A. Garmo

Prosjektleder



Thorjörn Larssen

Forskningsdirektør

ISBN 978-82-577-6290-2

**Modalselva i Hordaland;**  
vannkjemisk overvåking i 2012 og 2013

## Forord

Vannkjemisk overvåking av Modalselva har vært en del av Statlig program for forurensningsovervåking i perioden 1980 - 2003, finansiert av Statens Forurensningstilsyn. I april 2003 ble overvåkingsstasjonen lagt ned som følge av budsjettkutt.

Fra og med 2006 har den vannkjemiske overvåkingen blitt videreført med finansiering fra Miljøvernavdelingen ved Fylkesmannen i Hordaland. Kontaktperson har vært Kjell Hegna. Kjell Langeland har vært prøvetaker i hele denne perioden. Fra og med april 2013 overføres den vannkjemiske overvåkingen til et prosjekt i regi av Direktoratet for naturforvaltning.

Hamar, juni 2013

*Øyvind Garmo*

---

# **Innhold**

	<b>1</b>
<b>Sammendrag</b>	<b>5</b>
<b>Summary</b>	<b>6</b>
<b>1. Innledning</b>	<b>7</b>
<b>2. Metodikk</b>	<b>8</b>
<b>3. Resultater</b>	<b>9</b>
3.1 Sulfat og nitrat	9
3.2 Basekationer	10
3.3 Alkalitet og ANC	11
3.4 pH	12
3.5 Aluminium	13
3.6 ”Sjøsalter” – klorid og natrium	14
3.7 Organisk materiale	14
<b>4. Referanser</b>	<b>17</b>
<b>Vedlegg A. Vannkjemiske analyser</b>	<b>18</b>

## Sammendrag

Modalselva i Modalen kommune i Hordaland har en svært ionefattig og forsuringsfølsom vannkvalitet som er typisk for elver på Vestlandet. Lav kalsiumkonsentrasjon ( $< 0,5$  mg/L) indikerer at naturens tålegrense for forsurening er lav. Konsentrasjonen av organisk karbon i vannet er også svært lav med årsmiddelverdier lavere enn 1 mg/L i de fleste år.

Modalselva var i perioden 1980-2003 en del av Statlig program for forurensningsovervåking i regi av SFT (nå Klima- og forurensningsdirektoratet - Klif), men prøvetakingen ble nedlagt i 2004. Overvåkingen ble gjenopptatt i 2006, finansiert av Fylkesmannen i Hordaland.

Luftbåren tilførsel av sulfat har hatt en gradvis reduksjon gjennom måleperioden 1980-2012. Aritmetisk årsmiddelverdi av beregnet ikke-marin sulfat var ca. 20-30  $\mu\text{ekv/L}$  på begynnelsen av 1980-tallet,  $\leq 21$   $\mu\text{ekv/L}$  på 1990-tallet, og har etter 2005 vært  $\leq 11$   $\mu\text{ekv/L}$ . Årsmiddelverdien for ikke-marin sulfat i 2012 var 6  $\mu\text{ekv/L}$ , det samme som i 2011, og bare marginalt høyere enn det laveste årsmiddelet som er registrert (5  $\mu\text{ekv/L}$  i 2008).

Nitrat har vist mindre svingninger og mye lavere maksimumskonsentrasjon etter at prøvetakingspunktet i 2002 ble flyttet lenger opp i elvestrengen. Før 1998 var alle årsmiddelverdier for nitrat høyere enn 100  $\mu\text{g N/L}$ , mens årsmidlene i de siste 6 årene har vært lavere enn 90  $\mu\text{g N/L}$ . Årsmiddelkonsentrasjonen for 2012 tangerer minimumsmiddelet på 58  $\mu\text{g N/L}$  fra 2008.

Nedgangen i langtransportert sulfat har gitt bedre vannkvalitet i form av økt alkalitet, ANC og pH, og lavere konsentrasjoner av labilt aluminium (LAI) gjennom måleperioden. Årsmiddelverdien for pH har økt fra 5,2-5,5 på 1980-tallet til 5,7-6,0 mellom 2006 og 2012. I 2012 var årsmiddelverdien for pH relativt lav (5,72) og særlig begynnelsen av året var preget av lave enkeltmålinger.

Prøver fra Modalselva som viser alkalitet eller ANC nær 0  $\mu\text{ekv/L}$  forekommer sjeldnere enn før. Etter 2005 har årsmiddelverdiene for alkalitet variert fra 6-10  $\mu\text{ekv/L}$ . Enkeltverdiene for alkalitet i prøver fra 2012 hadde en spredning på 0-20  $\mu\text{ekv/L}$ , mens ANC-verdiene lå i intervallet -6 til 26  $\mu\text{ekv/L}$ . Årsmiddelverdien for ANC fra 2012 (14  $\mu\text{ekv/L}$ ) er den høyeste fra hele måleperioden.

Labilt aluminium (LAI), dvs. den delen av aluminium som antas å være giftig for fisk og andre organismer med gjeller, har avtatt fra årsmiddelkonsentrasjoner opp mot 50-65  $\mu\text{g/L}$  på slutten av 1980-tallet og begynnelsen av 1990-tallet, til 4-12  $\mu\text{g/L}$  i 2006-2012. Relativt høy årsmiddelkonsentrasjon (12  $\mu\text{g/L}$ ) og høye enkeltverdier for LAI i første halvdel av 2012 kan tilskrives høy avsetning av sjøsalter i nedbørfeltet.

ANC, pH og LAI-konsentrasjon oppfylte i 2012 ikke de grensene for god tilstand som er foreslått i veilederen til vannforskriften. Etter at prøvetakingssted ble flyttet lenger opp i elva våren 2002, viser flere av parametrene, inkludert nitrat, basekationer og organisk karbon, mindre svingninger enn tidligere.

## Summary

Title: Monitoring water chemistry in river Modalselva, Hordaland County, W. Norway in 2012

Year: 2013

Author: Øyvind A. Garmo and Liv Bente Skancke

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 978-82-577-6290-2

River Modalselva has very low ionic strength and an acid sensitive water quality which is typical for rivers in Western Norway. Calcium levels are very low ( $< 0.5$  mg/L) and so is the critical load with respect to deposition of acids. Concentrations of organic carbon are also very low with annual means lower than 1 mg/L most years.

Between 1980 and 2003, Modalselva was monitored through the governmental programme for monitoring of pollution led by SFT (now the Climate and Pollution Agency – Klif), but the sampling stopped in 2004. The monitoring was resumed in 2006, funded by the county governor of Hordaland.

Airborne delivery of sulphate has been gradually reduced between 1980 and 2011. Arithmetic annual mean of calculated non-marine sulphate was approximately 20-30  $\mu\text{eqv/L}$  in the beginning of the 1980s,  $\leq 21$   $\mu\text{eqv/L}$  in the 1990s, and  $\leq 11$   $\mu\text{eqv/L}$  after 2005. The annual mean of non-marine sulphate was 6  $\mu\text{eqv/L}$  in 2012, the same as in 2011, and is just marginally higher than the lowest mean so far (5  $\mu\text{eqv/L}$  in 2008).

Nitrate has shown smaller spread and much lower maxima after the point of sampling was moved further upstream in 2002. Annual means of nitrate were higher than 100  $\mu\text{g N/L}$  prior to 1998, but in the last 6 years they have been lower than 90  $\mu\text{g N/L}$ . The mean nitrate concentrations for 2012 and 2008 (58  $\mu\text{g N/L}$ ) are the lowest observed so far.

The decrease in long-range transport of sulphate has resulted in better water quality, i.e. higher alkalinity, ANC and pH, and lower concentrations of labile aluminium (LAI) through the measurement period. The annual mean of pH has increased from 5.2-5.5 in the 1980s to 5.7-6.0 between 2006 and 2012. The annual mean pH in 2012 was relatively low (5.72), and measurements from the beginning of the year were especially low.

Samples that show alkalinity or ANC near 0  $\mu\text{eqv/L}$  occur less frequent than before. Annual mean alkalinity has varied between 6-10  $\mu\text{eqv/L}$  after 2005. Single measurements of alkalinity varied between 0 and 20  $\mu\text{eqv/L}$  in 2012 while calculated ANC varied in the range -6-26  $\mu\text{eqv/L}$ . The mean ANC from 2012 (14  $\mu\text{eqv/L}$ ) is the highest value registered in the measurement period.

Labile aluminium, i.e. the fraction of aluminium that is assumed to be toxic to fish and other aquatic organisms with gills, has declined from annual means of 50-65  $\mu\text{g/L}$  at the end of the 1980s and beginning of the 1990s, to 4-12  $\mu\text{g/L}$  between 2006 and 2012. Relatively high mean concentration (12  $\mu\text{g/L}$ ) and high single measurements of LAI in the first half of 2012 can be attributed high deposition of seasalt in the catchment.

Values from 2012 of ANC, pH and LAI concentration did not meet requirements for “good condition” as defined in the guidelines of the water framework directive. Several parameters, including nitrate, base cations and organic carbon, show less variability after the point of sampling was moved further upstream in spring 2002.

# 1. Innledning

Modalselva i Modalen kommune i Hordaland er svært ionefattig, og kalsiumkonsentrasjonen er lav ( $<0,5$  mg/L). Dette gir en forsuringsfølsom vannkvalitet hvor naturens tålegrense for forsuring også er svært lav. Denne vannkvaliteten er typisk for elver på Vestlandet.

Fra 1980 til 2003 ble vannkvaliteten i Modalselva overvåket i forbindelse med Statlig program for forurensningsovervåking, som ble ledet av daværende Statens Forurensningstilsyn. I april 2003 ble overvåkingsstasjonen lagt ned som følge av budsjettkutt. NIVA fortsatte prøvetakingen et par måneder i 2004. Overvåkingen ble deretter gjenopptatt i 2006 og videreført til og med mars 2013 med Fylkesmannen i Hordaland som oppdragsgiver.

Formålet med dette prosjektet er å videreføre overvåkingen av den vannkjemiske utviklingen samt å støtte opp om tolkning og forståelse av de biologiske endringene som skjer i vassdraget.

Laksen ble borte fra vassdraget tidlig på 1970-tallet. Mellom 1993 og 1997 ble det ikke registrert ungfisk i Modalselva (Bjerknes m.fl., 2007).

Siden er det påvist laks, men tettheten har vært lav (Gabrielsen m.fl., 2011). Nyetableringen av laks kan ha sammenheng med at hovedløpet har fått bedre vannkvalitet noe som er dokumentert gjennom den vannkjemiske overvåkingen av Modalselva.



## 2. Metodikk

Det har vært månedlig prøvetaking siden 2006 i Modalselva. I 2012 ble det tatt 12 prøver. Det var ingen prøvetaking i september, men det ble tatt to prøver i oktober. Fra april 2013 blir prøvetakingen overført til et prosjekt i regi av Direktoratet for naturforvaltning (DN). I de tre månedene forut for dette ble det tatt prøver etter oppsatt plan.

Analysemetodikk er som beskrevet i program for "Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør" (Klif 2013). Prøvene som ble tatt i Modalselva i 2012 og 2013, ble analysert mhp. pH, konduktivitet, alkalitet, total nitrogen, ammonium, nitrat, total organisk karbon (TOC), klorid, sulfat, reaktivt aluminium, ikke-labilt aluminium, kalsium, kalium, magnesium og natrium. Labilt aluminium beregnes som differansen mellom reaktivt og ikke-labilt aluminium, mens ANC beregnes som differansen mellom ekvivalenter av sterke basekationer (kalsium, magnesium, natrium og kalium) og sterke syreanioner (klorid, sulfat og nitrat).

Prøvetakingsstasjonen var opprinnelig ved Farestveit. Mot slutten av 1999 ble det observert brå endringer i vannkjemien. En grundig gjennomgang av data vakte mistanke om at tilsig rett oppstrøms prøvetakingsstasjonen gav ustabil vannkvalitet. Det var spesielt TOC som viste store svingninger. I løpet av 2001 ble det tatt prøver forskjellige steder i elva for å se om andre prøvetakingspunkter kunne egne seg bedre. Prøvetakingsstedet ble deretter flyttet til omtrent midtveis mellom Haugen og Espeneset, OV 3346 NS 67491 (Figur 1), ca 1 km oppstrøms Farestveit. Første prøve på det nye stedet ble tatt i mai 2002.



**Figur 1.** Kart som viser hele nedbørsfeltet til Modalselva (venstre figur), og et kart i mindre målestokk (høyre figur) som viser litt mer detaljert lokalisering av prøvetakingsstasjonen f.o.m. mai 2002 (rødt punkt).

### 3. Resultater

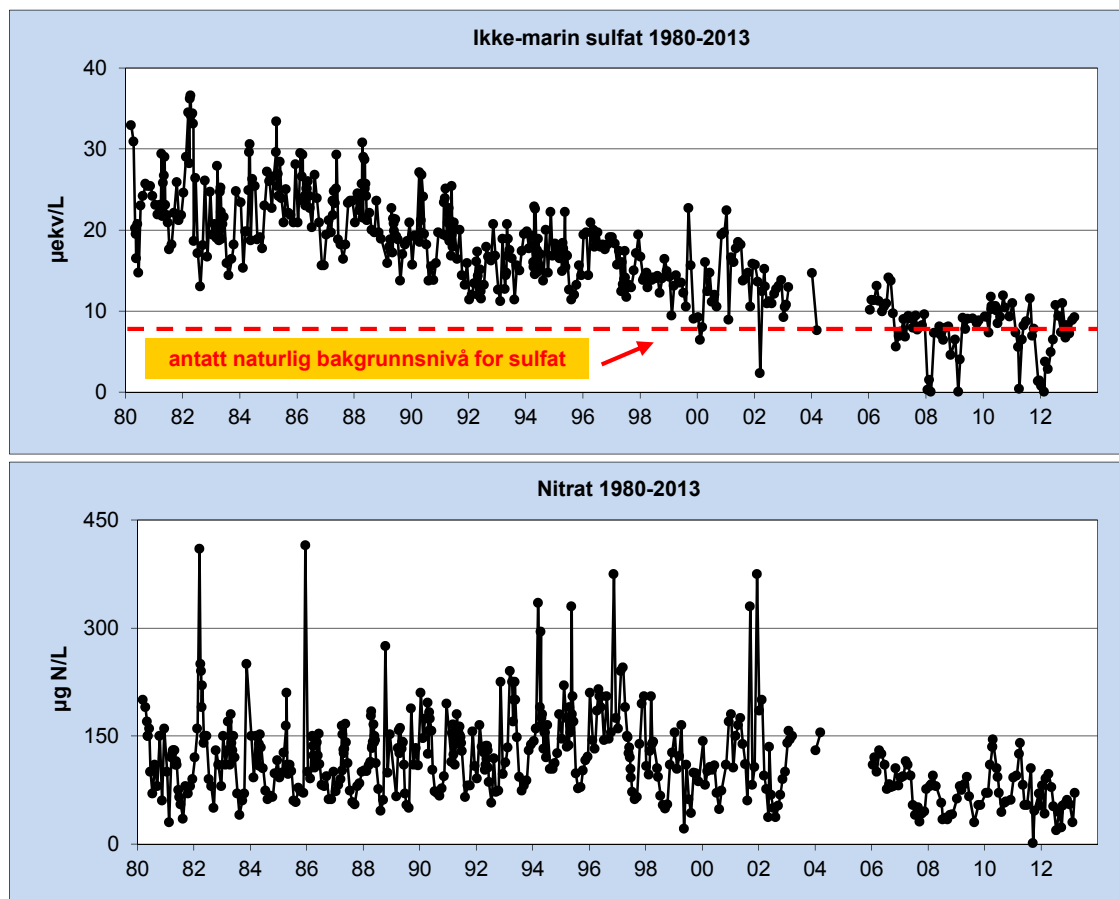
Prøvetakingen i Modalselva startet i 1980. Tidsserien er lang, men prøvetakingsfrekvensen har variert og det har også vært år uten prøvetaking. Resultatene for nitrat, alkalitet, pH, basekationer, TOC og ANC viste stor variasjon før prøvetakingsstedet ble flyttet i 2002.

Tabellene i Vedlegg A inneholder primærdata for denne aktuelle rapporteringsperioden (2012 og 1.kvartal av 2013) samt årsmiddelverdier for utvalgte parametere for hele tidsperioden. For årene 2002, 2004, 2005 og 2013 er det ikke beregnet årsmidler på grunn av flytting av prøvetakingssted (2002) og mangelfull prøvetaking (2004, 2005 og 2013). Resultatene av enkeltmålinger for tidsrommet 1980-2013 er presentert grafisk for et utvalg av parametere i Figur 2 - Figur 8. Figur 9 viser figurer med årsmidler for ni parametere. Resultater for overvåkingen utført før 2012 er rapportert i SFT (2003 og tidligere rapporter i samme serie), Skjelkvåle og Skancke (2007-2010) samt Garmo og Skancke (2011).

#### 3.1 Sulfat og nitrat

Reduserte utslipp av svovel i Europa har gitt store reduksjoner i sulfatdeposisjon i Norge. I Modalselva har det vært en klar reduksjon i konsentrasjonen av ikke-marin sulfat ( $\text{SO}_4^*$ ), dvs. målt sulfatkonsentrasjon minus sulfat som kan tilskrives avsetning av sjøsalter, siden prøvetakingen startet i 1980. På 1980-tallet lå konsentrasjonen av  $\text{SO}_4^*$  i området 13-37  $\mu\text{ekv/L}$  (171 prøver), på 1990-tallet i området 9-27  $\mu\text{ekv/L}$  (164 prøver), mens det etter 2000 ikke har blitt registrert høyere  $\text{SO}_4^*$ -konsentrasjon enn 22  $\mu\text{ekv/L}$  (Figur 2). Innen måleperioden har årsmiddelverdi for  $\text{SO}_4^*$  sunket fra maksimalverdien på 27  $\mu\text{ekv/L}$  i 1982 til minimumsverdien på 5  $\mu\text{ekv/L}$  i 2008. De to siste årene har årsmiddelverdien basert på månedlig prøvetaking vært 6  $\mu\text{ekv/L}$  (Figur 9). Det er tidligere beregnet at ”naturlig bakgrunnsnivå” for ikke-marin sulfat er ca 8  $\mu\text{ekv/L}$  (Henriksen m.fl., 1988), men det er sannsynlig at bakgrunnsverdien i Modalselva er enda lavere (se også avsnitt 3.2).

Det var store svingninger i nitratkonsentrasjonene både innen samme år og mellom år når prøvene ble tatt ved Farestveit (Figur 2). Etter at prøvetakingsstedet i 2002 ble flyttet lenger opp i elva har variasjonen vært betydelig mindre, og enkeltverdiene har vært  $\leq 145 \mu\text{g N/L}$ . Økningen i årsmiddelverdi for nitrat som gjorde seg gjeldende på 1990-tallet og den påfølgende reduksjonen på 2000-tallet (Figur 9), skyldes derfor trolig i hovedsak lokal påvirkning ved selve prøvetakingsstedet og i mindre grad reduksjon i tilførsler langveisfra. I september 2011 ble det registrert ny minimumskonsentrasjon for nitrat ( $<1 \mu\text{g N/L}$ ). Årsmiddelkonsentrasjonen for 2012 tangerer minimumsverdien på 58  $\mu\text{g N/L}$  fra 2008.

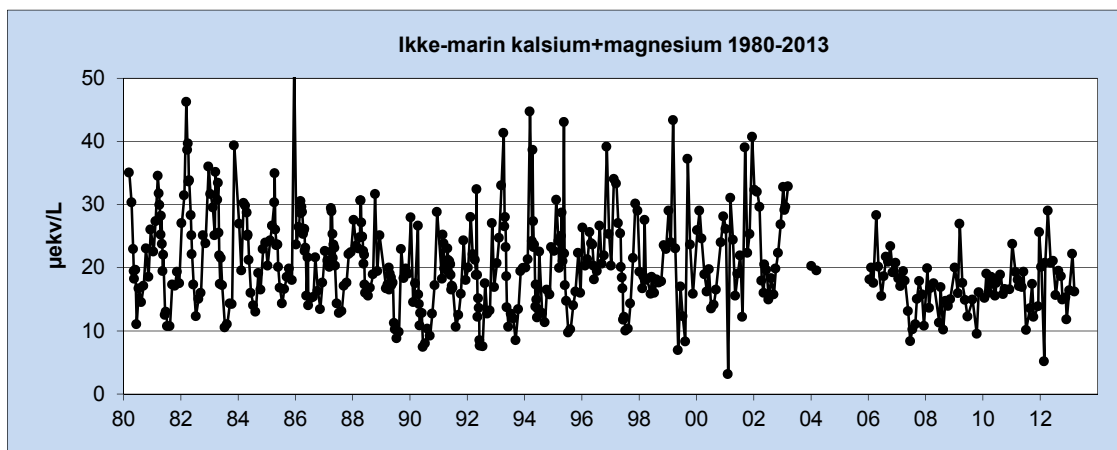


**Figur 2.** Alle enkeltobservasjoner av ikke-marin sulfat og nitrat for perioden 1980-2013. Antatt naturlig bakgrunnsnivå for ikke-marin sulfat er markert med rød, stiplet linje.

### 3.2 Basekationer

Modalselva ligger i et område hvor berggrunnen forvitrer sakte og avgir svært lite ioner til vann. Forvitringen skjer hovedsakelig i jordsmonnet som er tynt. I tillegg mottar dette området mye nedbør. Nedbørsnormalen for 1961-1990 angir nedbørsmengdene i Modalen til ca 2900 mm per år, og så mye nedbør gir høy fortynning. Alle disse tre faktorene sammen (treg forvitring, tynt jordsmonn, store nedbørsmengder) fører til at konsentrasjonen av ioner (inklusive sulfat, se avsnittet over) i vannet er lav. Konsentrasjonene av basekationer svinger noe fra år til år. Svingningene kan være forårsaket av variasjoner i årlig nedbørsmengde og fordelingen av nedbør gjennom året.

Prøvene fra Modalselva har svært lavt innhold av kalsium og magnesium, og verdiene har variert mindre etter flyttingen av stasjonen. De lave konsentrasjonene indikerer at vannkvaliteten er svært forsurningsfølsom, og at vilkårene for vannlevende organismer er marginale. Kalsium- og magnesiumkonsentrasjonene i vannprøvene fra 2012 var henholdsvis  $\leq 0,61$  og  $\leq 0,46$  mg/L. Årsmiddelkonsentrasjonen for summen av ikke-marin kalsium og magnesium (CM\*) har økt jevnt de siste seks årene, men nivået er lavere enn det var før flyttingen i 2002 (Figur 3 og Figur 9). Høy tilførsel av sjøsalter medførte også relativt høy konsentrasjon av ikke-marin kalsium og magnesium i første halvdel av 2012 unntatt i prøven som ble tatt 28. februar.



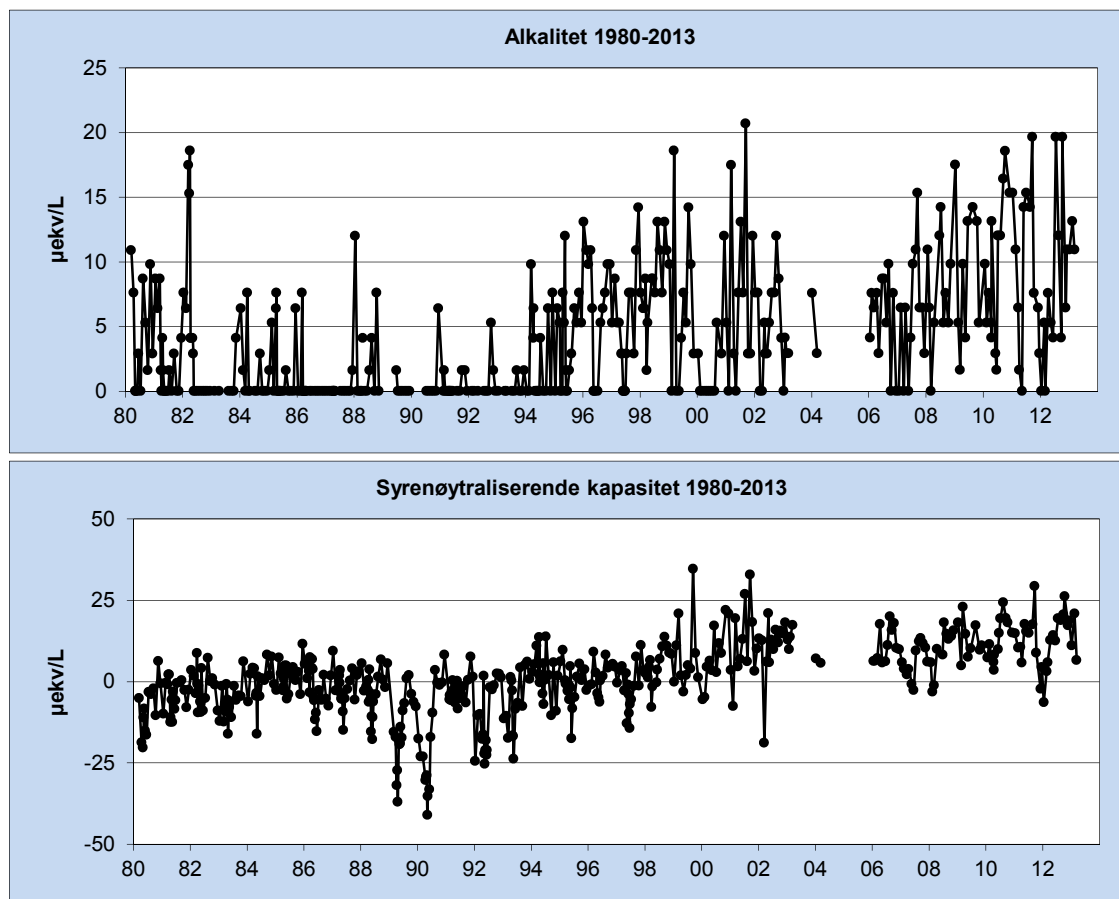
**Figur 3.** Alle enkeltobservasjoner av ikke-marin Ca+Mg for perioden 1980-2013.

### 3.3 Alkalitet og ANC

Alkalitet og ANC (syrenøytraliserende kapasitet) er begge mål på vannets evne til å bufre tilførsel av syre, men førstnevnte måles ved titrering og sistnevnte beregnes som differansen mellom summen av sterke basekationer og summen av sterke syreanioner. Nedgangen i sulfat indikerer bedring i forsuringssituasjonen og har gitt bedre vannkvalitet i form av økt alkalitet, ANC og pH, og lavere konsentrasjoner av labilt aluminium gjennom måleperioden (se delkapitler under om de to sistnevnte).

Fra 1980 og frem til 1994 hadde mange av prøvene alkalitet nær 0 µekv/L. Etter denne perioden har alkaliteten økt og varierer nå i området 0-20 µekv/L. Etter denne perioden har det vært en tendens til økning. Slik Figur 4 viser, svinger enkeltverdiene betydelig gjennom året. Det skjedde ingen tydelig endring i alkalitet etter flytting av prøvested. I 2012 var årsmiddelverdien for alkalitet 8 µekv/L. Maksimalverdi innen måleperioden er 10 µekv/L fra 2010 og 2011 (Tabell 3 i Vedlegg A).

Mellom 1980 og 1997 var årsmiddelverdien for ANC negativ de fleste årene, med beregnet verdi for 1990 (-17 µekv/L) som minimum. Siden har ANC økt betydelig og årsmiddelverdien fra 2012 (14 µekv/L) er den høyeste fra hele måleperioden. Siden 2008 har det bare vært to stikkprøver med negativ ANC-verdi (-2 µekv/L 13/12-2011 og -6 µekv/L 23/1-2012) fra en episode med høy deposisjon av sjøsalter som t.o.m. mars gav lavere ANC enn foreslått kritisk verdi på 10 µekv/L for innlandsørret i svært ionefattig vann (Henriksen m.fl., 1995). I klassifiseringsveilederen til vannforskriften, er grenseverdien mellom god og moderat tilstand mht. ANC satt til 40 µekv/L i årsmiddelverdi for vanntyper som Modalselva (lavland, kalkfattig og klar elv med laks) (Direktoratsgruppa Vanndirektivet 2009). Maksimalverdi for ANC i Modalselva var 26 µekv/L i 2012, og ionekonsentrasjonene i Modalselva er så lave at det neppe er realistisk å forvente at årsmiddelverdien for ANC skal nå 40 µekv/L.

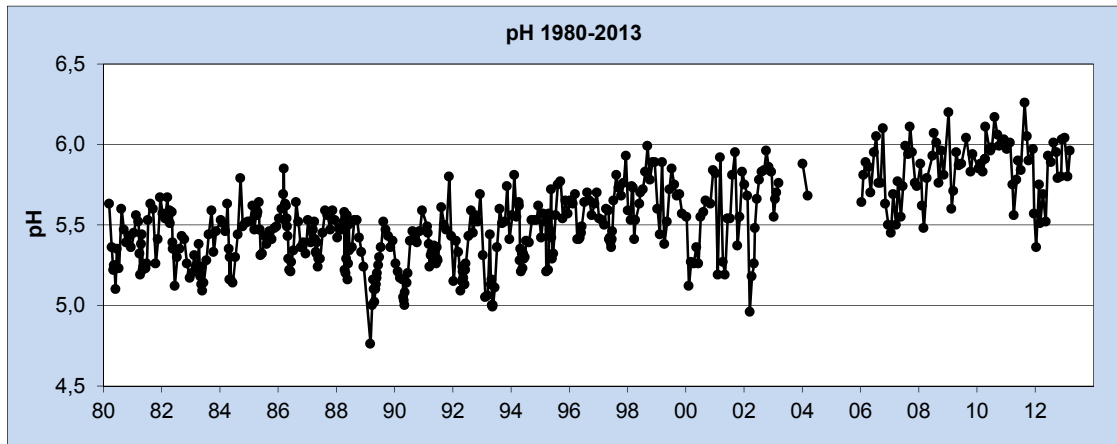


**Figur 4.** Alle enkeltobservasjoner av alkalitet og beregnede verdier for ANC for perioden 1980-2013.

### 3.4 pH

Det har vært en klar økning i pH i Modalselva innen måleperioden (Figur 5, Figur 9). Verdiene har økt fra pH 5,2-5,5 på 1980-tallet til pH 5,7-5,9 i siste halvdel av 2000-tallet. Årsmiddelverdien for pH økte hvert år mellom 2007 og 2010 (5,7-6,0), og i 2010 ble den hittil høyeste årsmiddelverdien i måleserien registrert. De to siste årene har årsmiddelverdi for pH falt noe (hhv 5,84 og 5,72). Årsnedbøren i 2011 var om lag 120 % av normalen (met.no 2012), og sjøsaltepisoden rundt årsskiftet gav lav pH i starten av 2012. pH-verdien på 5,36 fra januar er den laveste som er registrert siden prøvetakingsstedet ble flyttet i 2002.

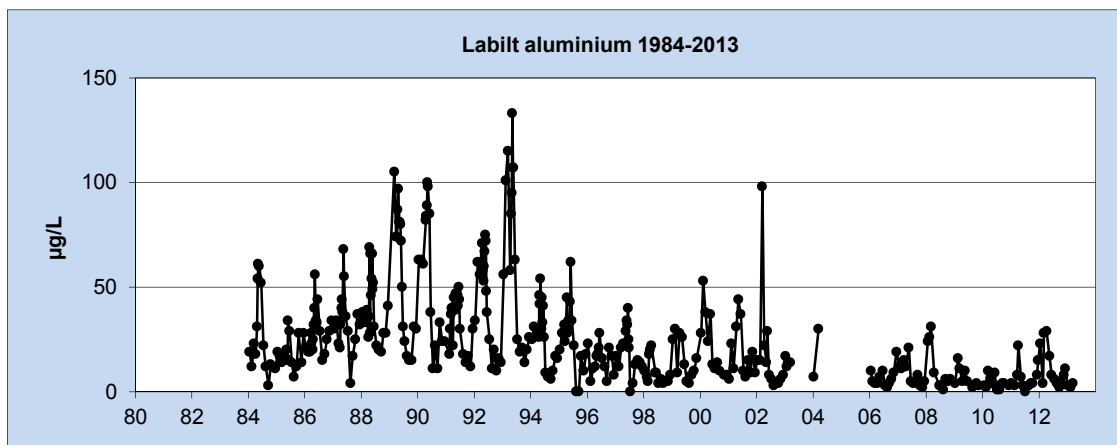
Vannkvaliteten i begynnelsen av 2012 var noe dårligere enn for foregående år. pH i januarprøven ble målt til 5,4, og dette er den laveste stikkprøveverdien siden 2002. Kun tre av prøvene fra 2012 hadde pH 6,0 eller høyere. I klassifiseringsveilederen til vannforskriften, er grenseverdien mellom god og moderat tilstand mht. pH satt til 6,2 som minimumsverdi for vann typer som Modalselva (lavland, kalkfattig og klar elv med laks) (Direktoratsgruppa Vanndirektivet 2009).



**Figur 5.** Alle enkeltobservasjoner av pH for perioden 1980-2013.

### 3.5 Aluminium

Labilt aluminium (LAl) representerer de formene for aluminium som er mest giftig for fisk og andre gjellelevende organismer. Det er maksimumskonsentrasjonene av labilt aluminium som har størst økologisk relevans, og disse er i dag mye lavere enn på 1980- og 1990-tallet selv om verdiene fortsatt svinger noe fra år til år. Løseligheten av aluminium er kontrollert av pH, slik at når pH øker vil LAl avta. Som vist over, har pH økt gjennom måleperioden og likeledes har maksimalverdien for LAl blitt redusert. I 1993 ble det registrert flere enkeltprøver med LAl-verdi  $> 100 \mu\text{g/L}$  i Modalselva (Figur 6), mens høyeste enkelytmåling etter 2006 er  $31 \mu\text{g/L}$ . Dette viser at vannkjemien har blitt bedre. Vannkvaliteten i prøvene fra første halvår i 2012 var preget av sjøsaltepisoden, og fire av disse prøvene hadde verdi for labilt aluminium i intervallet  $17\text{--}29 \mu\text{g/L}$ . Dette er de høyeste verdiene som er registrert siden mars 2008. I klassifiseringsveilederen til vannforskriften, er grenseverdien mellom god og moderat tilstand mht. LAl satt til  $10 \mu\text{g/L}$  som maksimumsverdi for vanntyper som Modalselva (lavland, kalkfattig og klar elv med laks) (Direktoratsgruppa Vanndirektivet 2009). Prøvene fra juni til november hadde lavere konsentrasjon av labilt aluminium enn denne grenseverdien, men årsmiddelverdien for 2012 ble  $12 \mu\text{g/L}$ , den høyeste siden prøvetakingspunktet ble flyttet (Figur 9).



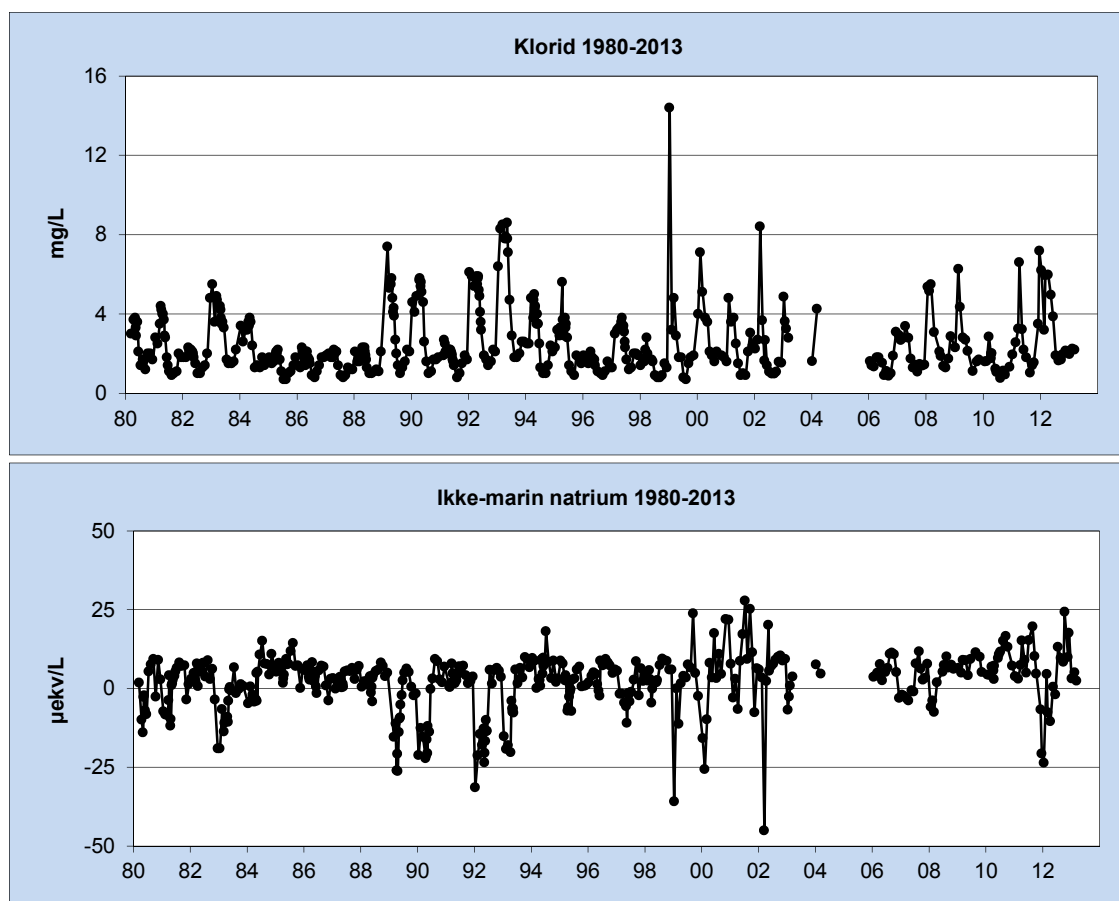
**Figur 6.** Alle enkeltobservasjoner av labilt aluminium (LAl) for perioden 1984-2013.



### 3.6 "Sjosalter" – klorid og natrium

Tilførselen av forsurende forbindelser er kraftig redusert, og dette har hatt en positiv effekt på vannkvaliteten i Sør-Norge. Tilførsel av sjosalter kan likevel føre til episoder med dårlig vannkvalitet. Sjosaltepisoder oppstår fra tid til annen i forbindelse med at kraftige vinterstormer bringer store mengder sjosalter inn over land. I områder som er kronisk forsuret, kan natrium i sjøsaltet bytte ut  $H^+$ - og  $Al^{3+}$ -ioner slik at disse vaskes ut sammen med klorid. Dette er forklaringen på at beregnet konsentrasjon av ikke-marin natrium kan vise negative verdier (Figur 7). Sjosaltepisoder kjennetegnes for øvrig av kraftig økning i klorid, fall i pH og ANC, og økt LAl. I områder som ikke er forsuret vil det være de «ufarlige» ionene til kalsium og magnesium som byttes ut med natrium.

Resultatene fra Modalselva viser at vassdraget tidvis er utsatt for sjosaltepisoder. Prøvene tatt i 2003-2010 avdekket ingen alvorlige sjosaltepisoder. Prøver tatt i april og desember 2011 inneholdt kloridkonsentrasjoner 6-7 mg/L, og hadde relativt lav pH og ANC, samt høy LAl-konsentrasjon. Beregnet konsentrasjon av ikke-marin natrium var negativ i januar og kloridkonsentrasjonen holdt seg relativt høy i første halvdel av 2012 (Figur 7). Årsmiddelerverdi for natrium, klorid (og LAl) er de høyeste siden 2006 (Figur 9).

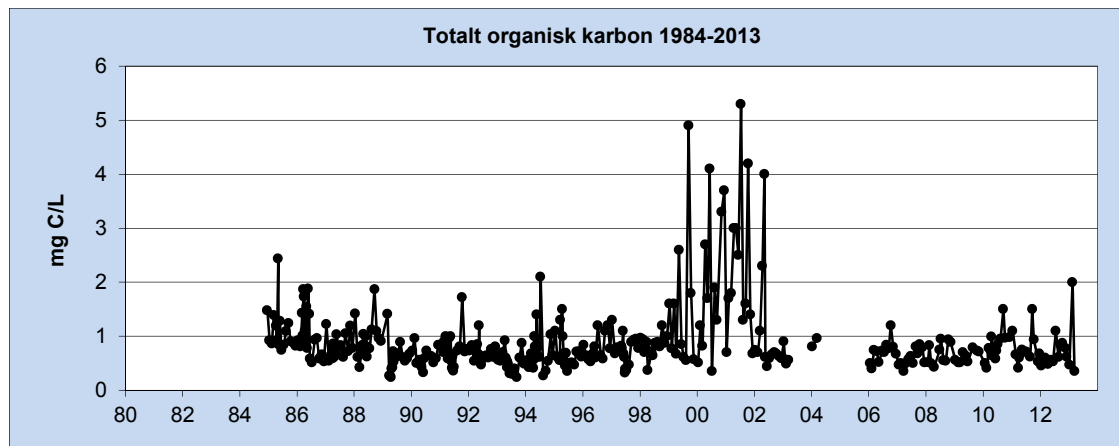


**Figur 7.** Alle enkeltobservasjoner av "sjosalter" – klorid og natrium for perioden 1980- 2013.

### 3.7 Organisk materiale

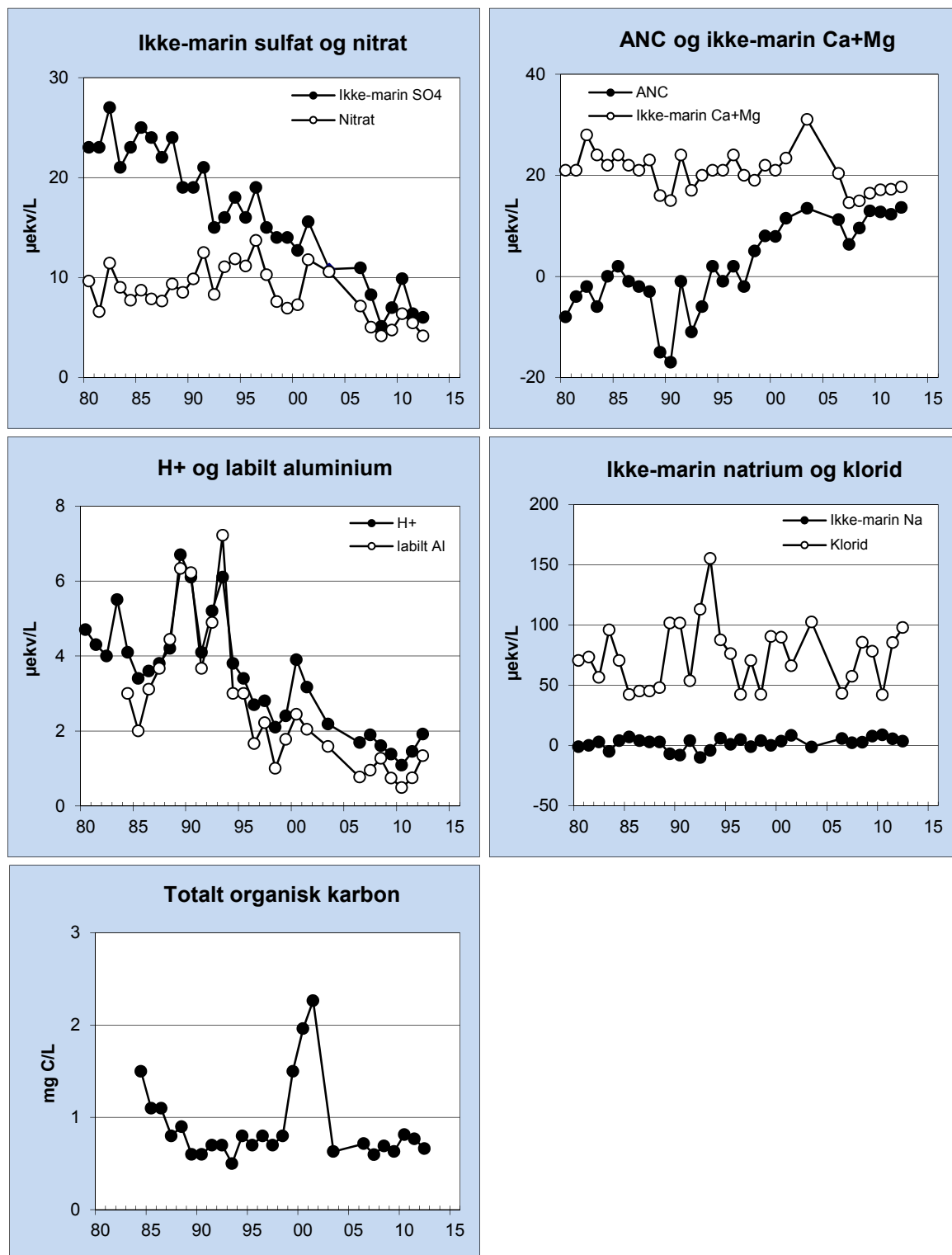
Prøvetakingsstedet ble flyttet i mai 2002 etter at det ble registrert uvanlig høye konsentrasjoner av totalt organisk karbon (TOC) fra slutten av 1999 til mai 2002 (opp til 5 mg/L, mot < 3 mg/L før 1999). Årsmiddelerverdiene for TOC har ligget stabilt på 0,6-0,8 mg C/L siden 2006, og dette er samme nivå

som før 1999 (Figur 9). Stikkprøvene de fire siste årene har hatt noe mer variasjon enn årene forut, og har hatt årlig maksimalverdi på 1,1 - 2 mg C/L (Figur 8).



**Figur 8.** Alle enkeltobservasjoner av total organisk karbon for perioden 1984-2013. Perioden 1999-2002 er omtalt og forklart spesielt i teksten.





**Figur 9.** Trender i et utvalg av vannkjemiske måleparametere for perioden 1980-2012. Hvert punkt representerer aritmetisk middelværdi av alle målingene gjennom året. Det er ingen verdier for årene 2002, 2004, 2005 og 2013. Punktene for 2003 er basert på kun fire prøver.

## 4. Referanser

- Bjerknes, V., Gabrielsen, S.E. & Halvorsen, G.A. 2007. Vurdering av vannkjemiske og biologiske tiltak i Modalsvassdraget. En pilotstudie. Norsk institutt for vannforskning (NIVA). OR-5508, 38 s
- DirektoratsgruppaVanndirektivet, 2009. Veileder 01:2009 Klassifisering av miljøtilstand i vann, 179 s.
- Gabrielsen, S.-E., Barlaup, B. T., Halvorsen, G. A., Sandven, O., Wiers, T., Lehmann, G.B., Skoglund, H., Skår, B., Pulg, U., Vollset, K. W. 2011. «Liv» - livet i vassdragene: Langsiktige undersøkelser av laks og sjøaure i Modalselva i perioden 2006-2011. LFI-rapport 188, 37 s.
- Garmo, Ø. A. & Skancke, L.B. 2011. Modalselva i Hordaland; vannkjemisk overvåking i 2010. Norsk institutt for vannforskning (NIVA), OR-6152, 20 s.
- Garmo, Ø. A. & Skancke, L.B. 2012. Modalselva i Hordaland; vannkjemisk overvåking i 2011. Norsk institutt for vannforskning (NIVA), OR-6345, 20 s.
- Henriksen, A., Lien, L., Traaen, T. S., Sevaldrud, I. S. & Brakke, D. F. 1988. Lake acidification in Norway-present and predicted chemical status. *Ambio* 17: 259-266.
- Henriksen, A., Posch, M., Hultberg, H. & Lien, L. 1995. Critical loads of acidity for surface waters - Can the ANCLimit be considered variable? *Water Air Soil Pollut.* 85: 2419-2424.
- Klif 2013. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Årsrapport – vannkjemiske effekter 2012. Statlig program for forurensningsovervåking 1143/2013. TA-3033/2013, 70s.
- met.no 2012. Nedbørhøyder for 2011 fra meteorologisk stasjon Modalen, samt normalperioden 1961-1990. Meteorologisk institutt, Oslo.
- SFT 2003. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Årsrapport – Effekter 2002. Rapport 886/2003. Statlig program for forurensningsovervåking. Statens forurensningstilsyn, Oslo.
- Skjelkvåle, B. L. & Skancke, L. B. 2007. Modalselva i Hordaland; vannkjemisk overvåking i 2006. Norsk institutt for vannforskning (NIVA), OR-5388, 17 s.
- Skjelkvåle, B. L. & Skancke, L. B. 2008. Modalselva i Hordaland; vannkjemisk overvåking i 2007. Norsk institutt for vannforskning (NIVA), OR-5599, 17 s.
- Skjelkvåle, B. L. & Skancke, L. B. 2009. Modalselva i Hordaland; vannkjemisk overvåking i 2008. Norsk institutt for vannforskning (NIVA), OR-5802, 23 s.
- Skjelkvåle, B. L. & Skancke, L. B. 2010. Modalselva i Hordaland; vannkjemisk overvåking i 2009. Norsk institutt for vannforskning (NIVA), OR-5973, 19 s.

## Vedlegg A. Vannkjemiske analyser

**Tabell 1.** Vannkjemi for 12 enkeltobservasjoner i Modalselva i 2012.

Dato	pH	Kond mS/m	Ca mg/L	Mg mg/L	Na mg/L	K mg/L	Cl mg/L	SO <sub>4</sub> mg/L	NO <sub>3</sub> -N µg/L N	Alk-E µekv/L	Al/R µg/L	Al/II µg/L	LAI µg/L	TOC mg/L C	Tot-N µg/L N	NH <sub>4</sub> -N µg/L N	ANC µekv/L
23.01.2012	5,36	2,69	0,51	0,43	2,91	0,22	6,20	0,90	81	0	32	9	23	0,45	200	12	-6
28.02.2012	5,75	1,50	0,17	0,14	1,88	0,13	3,19	0,43	42	5	10	6	4	0,52	180	45	3
12.03.2012	5,51	2,60	0,54	0,39	3,14	0,22	5,95	1,01	91	0	39	11	28	0,6	155	8	6
16.04.2012	5,69	2,66	0,61	0,46	3,09	0,23	5,98	0,97	97	8	35	6	29	0,48	141	2	13
22.05.2012	5,52	2,32	0,51	0,34	2,78	0,20	4,97	0,93	79	5	31	14	17	0,56	141	<2	14
19.06.2012	5,93	1,84	0,47	0,28	2,11	0,19	3,87	0,85	52	4	20	12	8	0,53	144	7	13
24.07.2012	5,89	1,13	0,30	0,16	1,36	0,13	1,90	0,78	19	20	28	22	6	1,1	105	<2	19
28.08.2012	6,01	1,00	0,36	0,15	1,14	0,11	1,65	0,68	44	12	11	7	4	0,61	119	4	19
01.10.2012	5,95	0,98	0,35	0,15	1,14	0,12	1,70	0,59	23	4	16	14	2	0,82	195	6	21
17.10.2012	5,79	1,22	0,34	0,12	1,65	0,13	1,96	0,80	53	20	24	19	5	0,87	137	3	26
28.11.2012	5,80	1,24	0,34	0,15	1,42	0,14	2,14	0,62	57	6	22	14	8	0,78	102	<2	17
11.12.2012	6,03	1,28	0,28	0,14	1,58	0,11	2,11	0,69	61	11	32	21	11	0,62	137	<2	19
Mid	5,72	1,71	0,40	0,24	2,02	0,16	3,47	0,77	58	8	25	13	12	0,66	146	8	14
Min	5,36	0,98	0,17	0,12	1,14	0,11	1,65	0,43	19	0	10	6	2	0,45	102	<2	-6
Maks	6,03	2,69	0,61	0,46	3,14	0,23	6,20	1,01	97	20	39	22	29	1,1	200	45	26

**Tabell 2.** Vannkjemi for 3 enkeltobservasjoner i Modalselva i 2013.

Dato	pH	Kond mS/m	Ca mg/L	Mg mg/L	Na mg/L	K mg/L	Cl mg/L	SO <sub>4</sub> mg/L	NO <sub>3</sub> -N µg/L N	Alk-E µekv/L	Al/R µg/L	Al/II µg/L	LAI µg/L	TOC mg/L C	Tot-N µg/L N	NH <sub>4</sub> -N µg/L N	ANC µekv/L
14.01.2013	6,04	1,15	0,34	0,15	1,17	0,13	1,97	0,62	55	11	9	6	3	0,47	110	3	11
21.02.2013	5,80	1,34	0,46	0,17	1,37	0,21	2,25	0,74	30	13	7	<5	2	2	210	<2	21
20.03.2013	5,96	1,24	0,35	0,16	1,28	0,12	2,20	0,75	71	11	10	6	4	0,35	114	2	7

**Tabell 3.** Gjennomsnittsverdier for perioden 1980 til 2012. Hvert tall representerer aritmetisk middelværdi for alle observasjoner gjennom året. Ingen data for 2002 (prøvetakingsstasjonen ble flyttet i mai dette året), 2004 (kun to prøver) og 2005 (ingen prøvetaking). Dataene for 2003 er basert på kun fire prøver. I 2013 ble det bare tatt tre prøver, og gjennomsnittsverdier er derfor ikke beregnet for dette året.

År	pH	Ca mg/L	Mg mg/L	Na mg/L	K mg/L	Cl mg/L	SO <sub>4</sub> mg/L	NO <sub>3</sub> -N µg N/L	Alk-E µekv/L	Al/R µg/L	Al/II µg/L	LAI µg/L	TOC mg C/L	Tot-N µg N/L	NH <sub>4</sub> -N µg N/L	H <sup>+</sup> µekv/L	ANC µekv/L	CM* µekv/L	SO <sub>4</sub> * µekv/L	Na* µekv/L
1980	5,33	0,43	0,19	1,37	0,21	2,5	1,5	135	4	57						4,7	-8	21	23	-1
1981	5,37	0,43	0,2	1,41	0,2	2,6	1,5	92	2	52						4,3	-4	21	23	0
1982	5,40	0,49	0,2	1,17	0,23	2,0	1,6	160	5	48						4,0	-2	28	27	3
1983	5,26	0,48	0,27	1,78	0,22	3,4	1,5	126	1	64						5,5	-6	24	21	-5
1984	5,38	0,43	0,21	1,49	0,21	2,5	1,4	108	2	41	14	27	1,5			4,1	0	22	23	4
1985	5,47	0,41	0,17	1,01	0,20	1,5	1,4	122	2	37	19	18	1,1			3,4	2	24	25	7
1986	5,44	0,39	0,16	1,00	0,18	1,6	1,4	110	0	45	17	28	1,1			3,6	-1	22	24	4
1987	5,42	0,37	0,16	0,98	0,17	1,6	1,3	107	0	46	13	33	0,8			3,8	-2	21	22	3
1988	5,38	0,40	0,18	1,01	0,17	1,7	1,4	131	2	52	12	40	0,9	198	10	4,2	-3	23	24	3
1989	5,18	0,37	0,26	1,83	0,19	3,6	1,4	119	0	69	12	57	0,6	170		6,7	-15	16	19	-7
1990	5,22	0,37	0,25	1,81	0,21	3,6	1,4	138	1	66	10	56	0,6	191		6,1	-17	15	19	-8
1991	5,38	0,44	0,18	1,17	0,22	1,9	1,3	175	3	46	13	33	0,7	238		4,1	-1	24	21	4
1992	5,28	0,42	0,28	2,01	0,22	4,0	1,3	116	1	62	18	44	0,7	169		5,2	-11	17	15	-10
1993	5,22	0,52	0,38	2,99	0,24	5,5	1,5	155	0	80	15	65	0,5	210		6,1	-6	20	16	-4
1994	5,42	0,44	0,23	1,85	0,22	3,1	1,3	166	2	50	23	27	0,8	225		3,8	2	21	18	6
1995	5,47	0,42	0,22	1,55	0,19	2,7	1,2	156	4	50	23	27	0,7	202		3,4	-1	21	16	1
1996	5,56	0,41	0,16	0,94	0,25	1,5	1,1	192	6	35	19	15	0,8	259		2,7	2	24	19	5
1997	5,55	0,40	0,21	1,39	0,21	2,5	1,1	144	5	38	19	20	0,7	194		2,8	-2	20	15	-1
1998	5,68	0,35	0,14	0,94	0,15	1,5	0,9	106	8	28	18	9	0,8	172		2,1	5	19	14	4
1999	5,62	0,46	0,25	1,8	0,29	3,2	1,1	97	7	55	39	16	1,5	202		2,4	8	22	14	0
2000	5,41	0,45	0,24	1,85	0,18	3,2	1,1	102	2	84	62	22	2,0	194		3,9	8	21	13	4
2001	5,50	0,44	0,21	1,49	0,31	2,3	1,1	165	8	74	56	18	2,3	274		3,2	11	23	16	8
2002																				
2003	5,66	0,58	0,32	2,00	0,24	3,6	1,0	148	2	29	15	14	0,6	204		2,2	13	31	11	-1
2004																				
2005																				

År	pH	Ca mg/L	Mg mg/L	Na mg/L	K mg/L	Cl mg/L	SO <sub>4</sub> mg/L	NO <sub>3</sub> -N µg N/L	Alk-E µekv/L	Al/R µg/L	Al/II µg/L	LAI µg/L	TOC mg C/L	Tot-N µg N/L	NH <sub>4</sub> -N µg N/L	H+ µekv/L	ANC µekv/L	CM* µekv/L	SO <sub>4</sub> * µekv/L	Na* µekv/L
2006	5,77	0,39	0,13	0,99	0,14	1,53	0,74	100	6	18	11	7	0,7	166	7	1,7	11	20	11	6
2007	5,72	0,31	0,15	1,18	0,14	2,04	0,68	70	6	21	13	9	0,6	134	6	1,9	6	15	8	2
2008	5,79	0,35	0,18	1,75	0,17	3,03	0,67	58	8	25	14	11	0,7	129	6	1,6	10	15	5	3
2009	5,86	0,37	0,16	1,72	0,14	2,77	0,70	66	9	20	13	7	0,6	125	5	1,4	13	16	7	8
2010	5,96	0,34	0,12	1,03	0,14	1,49	0,68	89	10	17	13	4	0,8	151	7	1,1	13	17	10	9
2011	5,84	0,38	0,19	1,81	0,19	3,03	0,73	76	10	19	12	7	0,8	163	5	1,5	12	17	6	5
2012	5,72	0,40	0,24	2,02	0,16	3,47	0,77	58	8	25	13	12	0,7	146	8	1,9	14	18	6	4
2013																				